Overset Mesh를 이용한 전착도장 공정 해석
Numerical Simulation of e-coating Process with Overset Mesh

*#이유철[1], 이상석[1], 박병수[1]
*#Y.C. Lee(yoochul.lee@gmail.com)[1] , S.S. Lee[1], B.S. Park[1]
[1]씨디어댑코그룹 한국지사

Key words : e-coating Process, Computation Fluid Dynamics, Overset Mesh, Manufacturing Process

1. 서론

금속의 부식현상은 주위 환경과의 화학적 및 전기 화학적 반응에 의해 파괴되는 현상이라 정의할 수 있다. 이러한 현상은 자동차와 같이 다양한 환경에 노출되어 구동되는 제품에 있어서 내구신뢰성과 직결되는 문제라 할 수 있다. 이러한 부식현상을 예방하고 부가적인 경제성을 확보하기 위해 자동차 분야에서 전착도장이 많이 사용된다. 자동차의 도장 공정[1)]은 표면 처리를 포함한 다수의 관련 공정을 거치게 된다. 방청력의 확보를 위한 하도 도장 중 전착도장 공정에서 발생하는 도장 불량과 전자기적 특성을 분석하여 제품 표면에 생성되는 도막두께 예측을 위한 기술 개발을 본 연구에서 진행하였다.

전착도장 공정 중 발생하는 에어포켓 생성에 의한 미도장부 불량과 도장 남김 현상을 예측하기 위해 자유 표면(Free surface/ VOF)을 고려하였고, 전자기적 특성에 의한 도막 형성과 관련한 지배방정식(Electromagnetism)을 동시에 적용하였다. 도장 공정 중의 제품의 이송을 고려하기 위하여 오버셋 격자를 활용하여 연속적인 전자기적 변수를 효과적으로 검토하였다.

2. 전착도장 모델

현재 상용코드에서 제공하는 도장기술과 관련한 제조분야의 해석기술은 다음과 같다. 본 연구에서 수행한 유체 유동(Fluid access & Drainage), 전착도장 도막 생성 해석(ELPO film build simulation)이 있으며, 도장 공정 중 건조 공정(Oven baking simulation)중의 온도 분포해석과 다양한 도포 공정(E-stat spray painting/ Cavity wax spraying)을 구현하는 해석 모델이 있다.

본 연구에서 고려된 전착 도장 도막 형성과 관련된 해석 모델은 Fig.1[2)] 과 같다. 전착도장 공정에 필요한 전자기적 물성[3),4)]은 실험 및 측정을 통해 확보하였으며, 최종 피도물의 도막 측정결과와의 비교하여 해석 결과를 검증하였다.

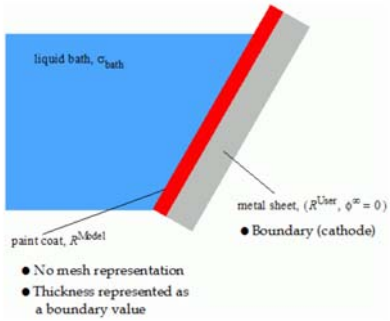

Fig. 1 Schematic model for e-coating analysis

3. 오버셋 메쉬

높은 경제성이 장점인 전착도장 공정은 세정, 건조 등을 포함한 복수의 단위 프로세스를 피도물이 연속적으로 이송되는 방식을 채택하고 있다. 이러한 공정상의 특성으로 인하여, 유동 검사체적(control volume)에서 제품의 이송을 모사해야하는 기술적 어려움이 있다. 효과적인 기법의 적용은 연산 소요 시간 단축 및 해석 결과의 정확성을 확보할 수 있는 주요한 기술적 고려 사항이라 할 수 있다. 본 연구에서는 키메라(Chimera) 또는 중첩격자(overlapping meshes)라고 알려진 오버셋 격자를 활용하여, 피도물의 이동과 도장액/ 공기의 다상유동 및 전자기적 특성을 고려하여 해석을 수행하였다. 이러한 기법의 적용은 초기에 생성한 격자를 수정하는 추가 공수 없이 다수의 물체 및 복잡한 운동을 유연하게 모사할 수 있는 장점이 있다.

오버셋 메쉬의 주요 방법론은 중첩된 영역에서의 후방영역(background)과의 계면(interface) 정보

의 커플링을 통해서 효율적인 해석을 수행하게 된다. Fig. 2 에서 두 개의 억셉터 셀(acceptor cell)이 점선으로 표현되어 있다. 하나는 후방(background) 격자에, 나머지는 오버셋(overset) 격자에 존재한다. 각 셀의 도심 위치의 물리량은 도너 셀(donner cell)의 변수 값에 보간 가중치가 반영된 합의 형태로 계산되어 진다.

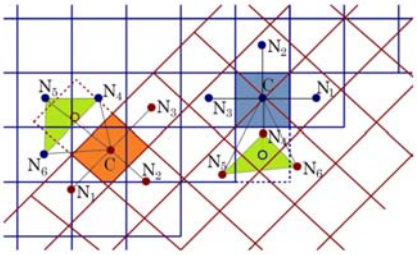

Fig. 2 Calculation methods in overset meshes[2)]

본 연구의 해석 대상인 도장노(paint bath)에 피도물의 진입 및 이송의 문제를 제품 주변의 오버셋 영역으로 정의함으로써, 전자기적 특성이 인가된 전착도장 공정 해석을 효과적으로 수행하도록 하였다.

4. 결론

본 연구에서 시도한 오버셋 메쉬를 활용한 전산유체해석을 통해, 전착도장 공정의 다양한 변수 및 제품 형상에 의한 도장 결함을 예측할 수 있는 기술을 개발하였다. 연구개발 부서와 생산부서간의 제조 관련 협업의 효율을 제고하기 위한 전산유체역학(CFD)등의 디지털엔지니어링의 다양한 방법들의 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

1. 김재훈, 김순경, 유창배, 장석근, “자동차 도장 실무”, 골든벨, 2010.
2. User Guide: STAR-CCM+ Version 7.02.008, 2339-2362, 2012
3. Hans-Joachim Streitberger and KarlFredrich Dessel, "Automotive Paints and Coatings," WILEY-VCH, 89-127, 2008.
4. Gordon Fettis, "Automotive paints and Coatings," VCH, 1995.